Zur Kenntniss
der markhaltigen Nervenfasern.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium des Herrn Professor

Dr. Kupffer

der

hohen medicinischen Facultät der kgl. Ludw.-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Adolf Maley

approb. Arzt

aus Reichelsheim i/W.

München, 1883.

A. Gradinger's Buchdruckerei, Neuthurmstrasse 3a.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554602_0167

Zur Kenntniss
der markhaltigen Nervenfasern.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium des Herrn Professor

Dr. Kupffer

der

hohen medicinischen Facultät der kgl. Ludw.-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Adolf Maley

approb. Arzt

aus Reichelsheim i/W.

München, 1883.

A. Gradinger's Buchdruckerei, Neuthurmstrasse 3a.

Herr Prof. Kupffer hatte bei gelegentlichen Untersuchungen peripherer Nerven, die 20—24 Stunden mit 1% Osmiumsäure behandelt und dann mit Boraxcarmin gefärbt waren, sehr verschiedenartige Bilder des Axencylinders erhalten, hierunter auch solche, wo der Axencylinder eine periphere Schicht zu haben schien, die sich schwächer färbte als das Centrum, dann andere, an denen zwischen dem lebhaft tingirten Axencylinder und der Markscheide ein breiter ungefärbter Raum erschien. Er gab mir nun, als ich ihn um ein Thema zu meiner Doctor-Dissertation bat, den Auftrag, diese Untersuchungen fortzusetzen. Zu diesem Zwecke habe ich unter der freundlichen Beihilfe des Herrn Prof. Kupffer, periphere Nerven in Osmiumsäure, Chromsäure und Picrinsäure im gespannten Zustand nach der von Ranvier empfohlenen Methode gehärtet, dieselben im Ganzen mit verschiedenen Farbstoffen gefärbt und darauf Quer- und Längsschnitte gemacht. Bevor ich auf eine Beschreibung dessen, was ich dabei gefunden habe, eingehe, will ich in Kurzem das hauptsächlichste aus der Geschichte der Histologie der markhaltigen Nervenfaser anführen.

Literatur.

Der erste, welcher die faserige Zusammensetzung der peripheren Nerven erkannte, war Leeuwenhoek (1632—1723) Er untersuchte einen Nerven von der Dicke eines Haares und fand, dass derselbe aus 16 längsverlaufenden Fasern oder Röhren bestand, deren Höhlung etwa den 3. Theil des Durchmessers einnahm.

Der Ansicht Leeuwenhoeks gegenüber steht die der meisten Anatomen des vorigen Jahrhunderts. Dieselben lassen die Nervensubstanz und zwar sowohl die der peripheren Nerven

als auch des Gehirns und Rückenmarks aus lauter kleinen Kügelchen bestehen, die sich der Länge nach zu Fäden rosenkranzartig aneinanderreihen. Della Torre (Nuove osservat.) schreibt diesen Kügelchen, welche in einer Flüssigkeit liegen sollen, eine Circulation ähnlich der Blutcirculation zu. Prochaska (Struct. nerv. 1779) leugnet eine solche. Die Dicke der Kügelchen ist nach Della Torre verschieden in den verschiedenen Organen, im Gehirn und Rückenmark sind dieselben dicker wie in den peripheren Nerven. Nach Prochaska sind dieselben zwar verschieden dick aber nicht in verschiedenen Organen, sondern in demselben Organe. Bichat (Anatom. génér. Bd. I) stellt geradezu einen Vergleich zwischen Gefässsystem und Nervensystem an. An Stelle des Blutes enthält letzteres das Mark, das ebenfalls aus Kugeln zusammengesetzt ist, den Gefässwänden analog sind die Häute des Gehirns und Rückenmarks und das Neurilemm der peripheren Nervenfasern. Der einzige Unterschied besteht darin, dass dem Nervenmark eine Circulation abgeht. Diese Theorie von der globulären Zusammensetzung der Nervensubstanz reicht bis in die dreissiger Jahre unseres Jahrhunderts hinein. Weitere Anhänger derselben sind Bauer und Home, Milne Edwards, Prevost und Dumas (Magendie, Journ. III. 1823), Carus (Seilers Naturlehre 1826), Schultze (Vergleichende Anatomie 1828), E. H. Weber (Hildebrand's Anat. des Menschen. Braunschweig 1836), Krause (Anatom. I. 1833), Arnold (Physiol. des Menschen. Zürich 1836). Nur wenige erklären sich zu der alten Ansicht Leeuwenhoeks. Zu diesen gehört vor allen Fontana (Traitè du venin de la vipère. Florenz 1781), ferner Treviranus (Verm. Schriften. I. 1816) und Raspail (Brechet, Répert. Bd. IV. 1827). Fontana unterscheidet an den von Leeuwenhoek beschriebenen Primitivröhren 2 Theile, eine innere gebildet von einem schmalen transparenten homogenen Cylinder (unser Axencylinder) mit glatten Rändern und eine denselben umschliessende Substanz von wahrscheinlich cellulärer Natur. Er hatte beim Zerzupfen seiner Nerven Bilder erhalten, wo die eine Hälfte einer Faser nur noch aus dem Axencylinder bestand, während die andere unversehrt geblieben war.

Eine Erklärung der feinen Querstreifung, welche man an peripheren Nerven schon mit blossem Auge noch besser aber mit der Loupe beobachtet, wurde zuerst von Molinelli (Comment. Bonon. III. pag. 282) gegeben. Er dachte sich dieselbe bedingt durch Scheidewände, welche den Nerven in querer Richtung durchsetzen und sich zur Grundsubstanz optisch verschieden verhalten. Diese Ansicht wird von Fontana widerlegt, der nachweist, dass die Querstreifung durch eine Schlängelung der Primitivröhren verursacht wird und verschwindet, wenn man den Nerven durch Zug an seinen beiden Enden anspannt.

Grosses Aufsehen erregten unter den Anatomen im Jahre 1833 die Beobachtungen Ehrenberg's (Poggend. Annalen Bd. XXVIII pag. 451.) Derselbe brachte ein Stück Nervensubstanz zwischen 2 Glasplatten und breitete dasselbe durch einen ziemlich starken Druck zu einer dünnen Schicht aus. Er sah nun unter dem Mikroskop 2 Arten von Nervenfasern. Die einen bildeten glattrandige cylindrische Röhren und wurden von ihm cylindrische Fasern genannt, die andern zeigten im Verlauf zahlreiche Anschwellungen und erhielten daher den Namen varicöse Fasern. Die Angaben Ehrenbergs wurden alsbald von den meisten übrigen Beobachtern bestätigt. Der erste, welcher gegen die Existenz zweier verschiedener Arten von Nervenfasern im lebenden Organismus auftrat, war Treviranus (Beitr. zur Erklärung des organ. Lebens 1836). Er behauptet, dass es im lebenden Thiere nur glattrandige, cylindrische Fasern gibt, und dass die varicösen Fasern Kunstprodukte sind, die durch Druck oder durch die Berührung mit Luft und Wasser aus ersteren hervorgehen. Dieser Ansicht treten in der Folge immer mehr der damaligen Forscher bei, und als es schliesslich gelingt, das Zustandekommen der Varicositäten durch Druck und die genannten anderen Mittel unter dem Mikroskop selbst zu beobachten, wird dieselbe allgemein als richtig angenommen.

Von grosser Wichtigkeit für die Histologie der Nervenfasern sind die Jahre 1837, 1838 und 1839. Im Jahre 1837 beschreibt Remak (Froriep's N. Notizen Nr. 47) im Innern der Fasern ein blasses Band (Primitivband), das aus feinen Fäden mit kleinen knotigen Anschwellungen zusammengesetzt

ist und sich zuweilen in 2, 3 und mehr feinere ähnliche Bänder theilt. Schwann (Mikrosk. Untersuch. S. 174) lässt die markhaltige Nervenfaser bestehen aus einer feinen äussern Hülle, einer weissen fettartigen Substanz und dem in der Axe gelegenen Remak'schen Primitivband. Purkinje machte Quer- und Längsschnitte von Nerven und fand die Fasern zusammengesetzt aus einer äusseren strukturlosen Hülle und einem centralen soliden Faden, den er als Axencylinder bezeichnet. Die Existenz des Axencylinders wurde damals von Henle, Valentin und Burdach geleugnet, dieselben hielten ihn für den centralen noch nicht geronnenen Theil des Marks. Die Anschauungen von Remak und Purkinje brachen sich indessen Bahn und sind noch heut zu Tage in Geltung.

Somit waren die 3 Hauptbestandtheile der markhaltigen Nervenfasern bekannt. In den nunmehr folgenden Untersuchungen handelte es sich darum, feinere Structurverhältnisse an diesen Theilen nachzuweisen. Hiezu bediente man sich verschiedener Methoden und Reagentien, die zum Theil die Fasern in Form und Structur wesentlich veränderten. Besonders häufig wurden Lösungen der Chromsäure in Anwendung gezogen, in welchen man die Nerven härtete und dann Schnitte von denselben machte. Auch Färbemittel wurden allmälig zu diesem Zwecke herangezogen, da man gefunden hatte, dass die verschiedenen Formbestandtheile der Gewebe von denselben nicht mit gleicher Intensität gefärbt werden.

Der erste, welcher in dieser Hinsicht etwas gefunden zu haben glaubte, war B. Stilling („Ueber den Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle 1856. Frankfurt a/M.). Jedoch wurden seine Angaben später nicht bestätigt, und beruhen die von ihm angegebenen Structurverhältnisse sicherlich zum Theil auf falscher Beobachtung, zum Theil sind sie auf die Veränderungen zurückzuführen, welche die Nervenfasern in Chromsäurelösungen erfahren. Stilling machte Quer- und Längsschnitte von in Chromsäure gehärteten Nerven und beschrieb an denselben Folgendes. Sowohl Axencylinder wie Markscheide und Schwann'sche Scheide bestehen aus einem dichten Netzwerk feinster

Primitivröhrchen, die unter einander und mit denen benachbarter Fasern in Verbindung stehen. Der Axencylinder besitzt 3 concentrische Schichten, eine äussere dunkel blaue, eine mittlere heller blaue und eine innere nicht selten röthliche Schicht. Ausserdem hat derselbe in seinem Verlauf zahlreiche varicöse Anschwellungen und zeigt an einzelnen Stellen eine dicho- und trichotomische Theilung.

Mauthner (Beiträge zur näheren Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems. Wien 1862) fand an dem Axencylinder von in Chromsäure gehärteten und in Carmin-Ammoniak gefärbten Nerven eine mittlere dunkler rothe Schicht. An der Markscheide so behandelter Nerven beschreibt er eine Zusammensetzung aus concentrischen Schichten, die den Axencylinder wie die Schalen einer Zwiebel umgeben. Die von Mauthner angegebene periphere hellere Schicht am Axencylinder wurde später von Todaro (Sulla Struttura dei plessi nervosi. Rom 1872), von Kuhnt (Die periphere markhaltige Nervenfaser. Arch. für mikrosk. Anat. Bd. III pag. 427, 1876), Ranvier (Système nerveux. 1878) und Anderen bestätigt und erhielt den Namen der Mauthner'schen Scheide.

Die schöne Querstreifung des Axencylinders, welche man erhält, wenn man einen Nerven mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (0,1 : 100) behandelt, wurde zuerst von Frommann (Virchows Arch. Bd. XXXI.) beobachtet und beschrieben. Grandry (Recherches sur la structure intime du cylinder de l'axe et des cellules nerveuses. Bulletin de l'Academie royale du Belgique. Mars 1868) setzte die Beobachtungen Frommanns fort, beschrieb die Einzelnheiten des Verhaltens des Axencylinders zu salpetersaurem Silberoxyd noch genauer und deutete die Streifung als den Ausdruck eines geschichteten Baues des Cylinders, während Morochowetz (Unters. des physiolog. Instituts d. Univ. Heidelberg Bd. II. Hft. 2 S. 249) diese Querstreifen auf um den Axencylinder gelegte ringförmige Räume oder Kreiskanäle bezieht, in denen mit Silber zu schwärzende Stoffe liegen. — Eine eigenthümliche Form wurde im Jahre 1865 von Roudanowsky (Observation sur la structure des

tissus nerveux après une méthode nouvelle. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. Bd. II pag. 225) dem Axencylinder zuertheilt. Nach diesem Forscher ist der Axencylinder kein glatter runder Faden, wofür er bisher gehalten worden war, sondern zeigt zahlreiche Kanten und Unebenheiten und sendet vielfach Auslaufer zu den Axencylindern anderer Nervenfasern aus. Die neue Untersuchungsmethode Roudanowsky's bestand darin, dass er Querschnitte von gefrorenen Nerven machte, dieselben mit Cochenille färbte und dann auf dem Objectglase eintrocknen liess, bevor er sie einbettete.

In demselben Jahre wird von Klebs (Die Nerven der organischen Muskelfasern. Virchows Arch. Bd. XXXII) zwischen Markscheide und Axencylinder ein mit einer Flüssigkeit gefüllter Raum beschrieben, dem er den Namen „periaxialer Raum" zuertheilt. Die Markscheide erklärt Klebs für einen Hohlcylinder, dessen Form stets von der Gestalt der eingeschlossenen Flüssigkeitsmasse abhängt, mit der sie sich nicht zu vermischen im Stande ist. Der periaxiale Raum wird von Ranvier für ein Kunstprodukt gehalten, entstanden durch Schrumpfung des Axencylinders.

Eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Structur der markhaltigen Nervenfasern erfolgte in den siebziger Jahren. Wir verdanken denselben zum Theil einzelne sehr wichtige Aufschlüsse.

Max Schultze (Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum. Academisches Programm Bonn 1868. Allgemeines über die Structurelemente des Nervensystems. Stricker's Gewebelehre 1871) beschrieb die Zusammensetzung des Axencylinders aus Primitivfibrillen. Dieselben werden nach ihm durch eine feste feinkörnige Kittmasse zu einem soliden Ganzen zusammengehalten.

Ranvier fand im Jahre 1871, dass die Markscheide keinen vollständig geschlossenen Mantel um den Axencylinder bildet, sondern zahlreiche quere Unterbrechungen besitzt, an denen die Nervenfaser nur aus Schwann'scher Scheide und Axencylinder besteht und die Schwann'sche Scheide leicht verengt ist. Diese Stellen erhielten nach dem Entdecker den

Namen „Ranvier'sche Einschnürungen. „Zu beiden Seiten der Einschnürung ist nach Ranvier (Système nerveux) die Schwann'sche Scheide etwas ausgebuchtet und die Markscheide in geringem Grade verdickt. In der Mitte von 2 Einschnürungen zwischen Schwann'scher Scheide und Markscheide befindet sich jedesmal ein Kern umgeben von einer mehr oder weniger umfangreichen Protoplasmaschicht. Dieselbe setzt sich zwischen Schwann'scher Scheide und Markscheide als feiner Mantel fort, schlägt sich in der Höhe der Einschnürungen um und bildet auch einen dünnen Ueberzug um denAxencylinder; dieser Protoplasmamantel des Axencylinders entspricht nach Ranvier der Mauthner'schen Scheide. Da, wo sich die Protoplasmalager zweier benachbarter Segmente einer Nervenfaser an den Einschnürungen berühren, nehmen sie die Form zweier sich mit der Spitze berührenden Kegel an (Renflement biconique).

Die Einschnürungen haben den Zweck, das Herabfliessen des flüssigen Marks nach den im Körper tiefer gelegenen Stellen der Nervenfasern zu verhindern, sowie die Ernährungssäfte zum Axencylinder durchzulassen, für welche die Markscheide undurchdringlich ist. Die zwischen den Einschnürungen gelegenen Stücke der Schwann'schen Scheide und der Markscheide entsprechen stark in die Länge gezogenen Fettzellen, die vom Axencylinder durchbohrt sind.

Axel Key und Retzius (Studien in der Anatomie des Nervensystems. Arch. für mikrosk. Anatomie 1873. pag. 351), ferner Kuhnt (die periphere markhaltige Nervenfaser und Rouget („Développement des nerfs chez les larves des batraciens." Arch. f. mikrosk. Anat. 1875. pag. 482) beschreiben ausser solchen vollständigen Einschnürungen, wo die Markscheide gänzlich unterbrochen ist, noch unvollständige, an denen das Mark nur leicht verdünnt ist oder selbst gar keine Veränderung zeigte. Diese unvollständigen Einschnürungen werden von Ranvier (Système nerv. 1878) für Kunstprodukte gehalten, entstanden dadurch, dass durch Druck von irgend einer Stelle aus das Mark vor der Gerinnung in die Einschnürung hineingepresst wurde. In dem Protoplasmalager des Nervenkerns fanden Axel Key und Retzius zuweilen Myelintropfen.

An den Einschnürungen ist nach diesen beiden Forschern die Schwann'sche Scheide manchmal ringförmig verdickt. Die Einschnürungen selbst entsprechen den Grenzen der tubulären Zellen (Häutchenzellen) der Schwann'schen Scheide, deren jede einen Kern besitzt.

Ausser den eben besprochenen Unterbrechungen der Markscheide durch die Ranvier'schen Einschnürungen werden im Jahre 1874 von Schmidt („On the construction of the dark and double bordered nerve-fibre." Monthley. Microskop. Journ. pag. 200) noch solche beschrieben, die in schiefen durch die ganze Markscheide durchgehenden Einschnitten bestehen. Eben solche werden im Jahre 1876 auch von Lantermann unabhängig von Schmidt angegeben und später von anderen bestätigt. Sie führen in Deutschland gewöhnlich den Namen der Lantermann'schen Einschnitte. Die zwischen den Einschnitten gelegenen Abschnitte der Markscheide erhielten von Kuhnt den Namen Hohlcylinder. Lantermann schreibt seinen Einschnitten dieselbe Bedeutung zu, wie Ranvier seinen Einschnürungen und nimmt zwischen je zweien derselben einen Kern an. Die Lantermann'schen Einschnitte werden noch heut zu Tage von vielen Mikroskopikern für postmortale Gerinnungsprodukte gehalten. Krause (Anatomie 1876) leugnet auch die Existenz der Einschnürungen an lebenden unversehrten Nervenfasern. Uebrigens erwähnt bereits Remak (Froriep's Notizen 1837. Bd. 3. S. 38) solcher Abschnitte der Markscheide und beschreibt sie folgendermassen:

„Die innern von den beiden an den Rändern befindlichen Doppellinien (d. h. der Markscheide) in den sogenannten Markfasern verlassen nicht selten ihren parallelen Verlauf und gehen in einen scheinbaren Querstreifen über, so dass namentlich bei älteren Nerven die Fasern oft ganz wunderliche Formen z. B. die Form in einander gesteckter Trichter oder in einander gesteckter Blumenkronen mit vielfach gezackten Rändern zeigen."

Im Axencylinder von Petromyzon beschreibt im Jahre 1874 Langerhans einen centralen Kanal.

Fleischl erklärt 1875 den gesammten Axencylinder für eine Flüssigkeit.

Toel („Die Ranvier'schen Schnürringe und ihr Verhältniss zu den Neurilemmkernen." Inaugural-Dissertation. Zürich 1875) gibt an, dass bei Fischen sich zwischen 2 Einschnürungen mehrere Kerne befinden.

In dem den Nervenkern umgebenden Protoplasma findet Sigmund Mayer (Die peripherische Nervenzelle und das sympathische System. Arch. für Psychiatrie) beim Frosche feine Pigmentkörnchen. Da sich solche auch in den Ganglienzellen befinden, so schliesst er daraus, dass der Nervenkern mit seiner Protoplasmazone als Ganglienzelle zu betrachten sei.

Ich werde nun in Kurzem anführen, was sich mir bei meinen Untersuchungen peripherer markhaltiger Nervenfasern geboten hat, und zu welchen Schlüssen ich durch die von mir angewandten Untersuchungsmethoden gekommen bin.

Erhärtung eines Nerven in Chromsäurelösung (1 : 200).

Durch die Wirkung der Chromsäure werden die Nervenfasern in ihrer Form wesentlich verändert, so dass man dadurch leicht zu falschen Schlüssen über die Structur derselben verleitet werden kann, wie dies Stilling, Roudanowsky und andern Forschern (s. Literatur) begegnet ist. Die Bilder, welche man von so behandelten Nerven erhält, sind sehr verschieden, auch wenn die Behandlung dieselbe war, und die Nerveu von demselben Thier stammten. Man gebraucht als Erhärtungsmittel gewöhnlich 0,5—1,0 procentige Lösungen der Chromsäure. Die Hauptwirkung derselben beruht jedenfalls in der Schrumpfung des Axencylinders, wodurch derselbe eigenthümliche manchmal ganz bizarre Formen annimmt. Aber auch die Markscheide ist wesentlichen Veränderungen ausgesetzt. An Durchschnitten von in Chromsäurelösung gehärteten Nerven erscheinen die Querschnitte der Fasern bald kreisrund, bald länglich rund, bald unregelmässig vieleckig. Die Schwann'sche Scheide zeigt sich als ein schmutzig gelblicher Ring an der Peripherie mit dunklen Contouren. Der Axencylinder ist sehr dünn in Folge der Schrumpfung, er liegt bald in der Mitte bald mehr peripher und zeigt dieselbe gelbliche Farbe wie die Schwann'sche

Scheide. Sein Querschnitt ist sehr selten rund, meist spindelförmig, sternförmig oder selbst halbmondförmig. Eine hellere periphere Schicht an dem Axencylinder, die sogenannte Mauthner'sche Scheide (s. Literatur), konnte ich bei dieser Behandlung nie deutlich sehen, dagegen gelang es mir auf andre Weise das Bild dieser anscheinenden Scheide zu gewinnen. Die Färbung des Axencylinders gelingt an Chromsäurepräparaten im Allgemeinen ziemlich leicht. Als besonders gute Färbemittel erschienen mir Borax-Carmin, eine Mischung von Thiersch's Blau mit einer concentrirten wässerigen Prikrinsäurelösung zu gleichen Theilen und das Weigert'sche Säurefuxin, auch Purpurin lieferte meist eine deutliche Färbung. Auch an gefärbten Praeparaten konnte ich niemals eine Scheide am Axencylinder unterscheiden. Fast noch wechselnder sind die Bilder, welche die Markscheide darbietet. Dieselbe nimmt nie den Raum zwischen Schwann'scher Scheide und Axencylinder vollständig ein. Sie erscheint als eine schmutzig gelbe Masse, einmal der Schwann'schen Scheide, einmal dem Achsencylinder, einmal keinem von den beiden anliegend, meist ohne jede Andeutung einer Structur, zuweilen zeigte sich in derselben eine schöne stäbchenförmige Zeichnung in radiärer Richtung. Manches Mal ist die Markscheide zerrissen und es liegt dann ein Theil der Schwann'schen Scheide und ein Theil dem Axencylinder an. Die von Mauthner an in Chromsäure gehärteten und mit Carmin-Ammoniak gefärbten Praeparaten beschriebene concentrische Schichtung der Markscheide ist an keinem meiner Schnitte deutlich ausgesprochen.

An Längsschnitten von mit Chromsäure behandelten Nerven bildet die Schwann'sche Scheide zu jeder Seite eine feine gelbe Linie mit scharfer Begrenzung. In der Mitte verläuft der Axencylinder als ein ziemlich dicker glatter Faden, der zuweilen fein granulirt oder längsgestreift ist. Derselbe hat überall gleiche Dicke und ist nirgends unterbrochen oder getheilt. An manchen Schnitten zeigt derselbe leichte Schlängelung, wahrscheinlich in Folge der Retraction der Markscheide, welcher der Axencylinder als starrerer Faden nicht folgen kann. An einem Praeparate sind durch sämmtliche Schnitte hindurch von einem Ende bis zum andern die schönsten Schlangenlinien des Axen-

cylinders zu sehen. Den Nerven, dem die Schnitte entnommen sind, hatte ich nur 3 Stunden lang im gespannten Zustand in Chromsäure liegen lassen, dann in Borax-Carmin gefärbt und schliesslich im ungespannten Zustand noch vollständig in Alkohol erhärtet. Den Raum zwischen Axencylinder und Schwann'scher Scheide nimmt an fast allen meinen Praeparaten ein feines Netz dünner gelber Linien ziemlich vollständig ein. Woher diese Bilder der Markscheide kommen, weiss ich nicht zu sagen, möglich, dass sich dieselbe durch die Gerinnung und die Einwirkung des Messers, dass immerhin auch bei noch so feinem Schliff für ein so zartes Gebilde ein grobes verletzendes Instrument ist, in Platten spaltet, die an einzelnen Punkten noch mit einander in Berührung stehen. Jedenfalls stellt dieses Netzwerk nicht die normale Structur des Nervenmarks dar, wie es von Stilling (s. Literatur) angenommen wird. Die Ranvier'schen Einschnürungen sind an Längsschnitten nicht gut, die Lantermann'schen Einschnitte gar nicht sichtbar.

Maceration eines Nerven in schwacher Chromsäurelösung (1:1000).

Eine 0,1 procentige Lösung der Chromsäure hat im Allgemeinen die Eigenschaft, die Gewebe in der Art zu verändern, dass ihre Elemente nach längerem Liegen in der Lösung sich leichter mit der Nadel isoliren lassen wie im frischen Zustand: Diese Wirkung äussert dieselbe auch auf die markhaltige Nervenfaser sowohl peripherer Nerven wie des Rückenmarks. Ich hatte bei Anwendung dieser Methode die Absicht, Axencylinder auf längere Strecken zu isoliren, um dann an ihnen durch Färbeversuche die Mauthner'sche Scheide nachzuweisen. Man verfährt zu diesem Zwecke am besten folgendermassen. Man zerzupft den frischen Nerven in der genannten Lösung, lässt denselben ungefähr eine Stunde in derselben liegen und bringt dann einen Theil des Nerven aus der Lösung auf ein Objectglas. Das Bild, welches man nun erhält, ist etwa folgendes.

Die Nervenfasern sind etwas gequollen und von schmutzig gelber Farbe. Durch eine feinkörnige Gerinnung des Marks sehen sie wie bestäubt aus, an einzelnen Stellen ist die Schwann'sche Scheide etwas abgehoben und als blasses Häutchen sichtbar. Die Ranvier'schen Einschnürungen sind ziemlich deutlich, und zwischen je zweien derselben ist ein Nervenkern zu erkennen, Lantermann'sche Einschnitte sind dagegen nirgends vorhanden. Neben solchen vollständigen Fasern sieht man eine ziemlich grosse Menge nackter, ihrer Scheide beraubter Axencylinder, manche in solcher Länge, dass sie 2 und 3mal den Durchmesser des Gesichtsfeldes überragen. An denselben lässt sich gar keine Differenzirung erkennen, sie erscheinen wie dünne Glasfäden, zuweilen leicht gewunden, und sind durchweg fast von gleicher Dicke. Weniger leicht gelingt die Isolirung der Axencylinder, wenn ein Nerv 12—24 Stunden oder noch länger in 0,1 procentiger Chromsäurelösung gelegen hat. Das Aussehen der Nervenfasern ist dann ein etwas verschiedenes von dem eben beschriebenen. Das Mark ist stark glänzend, hat sich von der Schwann'schen Scheide abgehoben und an einzelnen Stellen angehäuft, während es an andern unterbrochen zu sein scheint oder nur noch in ganz dünner Schicht um den Axencylinder vorhanden ist. Der Axencylinder scheint fast überall durch's Mark hindurch, und die Schwann'sche Scheide ist auf's deutlichste sichtbar. Die Ranvier'schen Einschnürungen sind nicht mehr zu erkennen, und isolirte Axencylinder sind nur in kleinen Stücken vorhanden. Ich habe nun versucht die isolirten Axencylinder unter dem Deckglase zu färben, indem ich die Färbeflüssigkeit an den einen Rand des Deckglases brachte und dieselbe durch ein an den entgegengesetzten Rand gehaltenes Stückchen Fliesspapier unter dem Deckglase durchleitete. Diese Versuche ergaben folgendes: Borax-Carmin brauchte ziemlich lange Zeit, bis es den Axencylinder färbte, und derselbe war auch dann nur blass röthlich, an ihm war kaum eine periphere hellere Schicht zu erkennen, die Nervenkerne waren sehr schön roth gefärbt. Die Anilinfarben, welche ich in Anwendung zog, verhielten sich verschieden, am besten war die Färbung des Axencylinders durch Anilinschwarz. Derselbe erschien beim

Gebrauch dieser Farbe meist schon nach wenigen Minuten dunkel schwarz, und an einzelnen Axencylindern aber keineswegs an allen war das Innere des Cylinders deutlich dunkler, als die Peripherie. Besonders schön gelang es mir mit Anilinschwarz die sogenannte Mauthner'sche Scheide an isolirten Axencylindern aus dem Rückenmark eines Rindes darzustellen, das 24 Stunden in 0,1 procentiger Chromsäurelösung gelegen hatte. Auffallend hierbei ist das verschiedene Verhalten der einzelnen Axencylinder, dass nämlich die einen gleichmässig gefärbt erscheinen, während an andern die Mitte dunkler als die Peripherie erscheint, und es könnte schon dieser Umstand Zweifel an der Praeexistenz der Mauthner'schen Scheide erwecken.

Einwirkung concentrirter Chromsäurelösung auf die markhaltigen Nervenfasern.

Zerzupft man ein Stück vom Ischiadicus eines Frosches auf einem Objectglase in der physiologischen Kochsalzlösung oder in destillirtem Wasser und lässt dann vom Rande des Deckglases eine concentrirte Chromsäurelösung zutreten, so knäueln sich alsbald die Nervenfasern zu unregelmässigen Klumpen zusammen, die Markscheide bekommt ein feinkörniges Aussehen, an den Ranvier'schen Einschnürungen fliessen die getrennten Abschnitte der Markscheide zusammen und schliesslich zerfällt die ganze Faser zu einem Brei. Der Axencylinder scheint etwas länger zu wiederstehen als die Markscheide, wenigstens gelang es mir einigemal nach dem Untergang der Markscheide freie Axencylinder zu sehen, die aber alsdann auch bald sich aufknäuelten, in einander flossen und schliesslich verschwanden. Während des Zerfalls erscheinen einzelne körnige Partikel im Gesichtsfeld, die nach kurzer Zeit auch nicht mehr zu sehen sind. Bei dem Vorgange sind sämmtliche Theile in lebhafter moleculärer Bewegung. Setzt man in dem Augenblicke, wo die Markscheide verschwunden und nur noch der Axencylinder sichtbar ist, schnell Wasser zu, während man die Chromsäure

durch Filtrirpapiere auszieht, so kann es gelingen, isolirte Axencylinder auf längere Strecken zu erhalten, hat der Nerv vorher eine Zeit lang in einer schwachen Chromsäurelösung (1 : 1000) gelegen, so geht dasselbe vor sich nur etwas langsamer. Lässt man die concentrirte Chromsäurelösung nur sehr langsam auf den Nerven einwirken, oder wendet man statt derselben eine etwa nur halb gesättigte Lösung an, so ist das Verhalten der Nervenfasern ein anderes. Dieselben werden in kurzer Zeit durchsichtig, indem das Mark aufgelöst wird, der Axencylinder erscheint in der Mitte als ein heller Faden, und am Rande ist die Schwann'sche Scheide als dünner heller Saum auf's Schönste zu sehen. Die Dicke der Nervenfaser nimmt dabei ziemlich rasch ab.

Einwirkung concentrirter wässeriger Prikinsäurelösung auf den Nerven.

Legt man einen Nerv etwa auf 6 Stunden in eine concentrirte wässrige Lösung der Pikrinsäure, dann nach 12—24 Stunden in absoluten Alkohol zur Weitererhärtung, so bieten die Nervenfasern auf Querschnitten ein eigenthümliches ziemlich characteristisches Bild. Das Kaliber und die Form der einzelnen Fasern verhalten sich wie an Chromsäurepräparaten. An der Peripherie der Fasern erkennt man die Schwann'sche Scheide als glänzenden Kreis von schöner hellgelber Farbe, der Axencylinder liegt bald in der Mitte bald exentrisch, zeigt verschiedene Dicke und Form und ist von derselben glänzend gelben Farbe. Von der Markscheide sieht man entweder nichts oder nur schwache Reste, die ebenfalls gefärbt sind. An manchen Querschnitten hat es bei 300facher Vergrösserung den Anschein, als ob sich um den Axencylinder ein schmaler Ring von matt gelber Farbe befände. Derselbe wird bei Anwendung einer Immersionslinse deutlicher und erscheint zuweilen etwas granulirt. Wir sehen also, dass die Wirkung der Pikrinsäure hauptsächlich in der Lösung der Markscheide beruht, so dass an den mit derselben behandelten Nervenfasern die Markscheide entweder vollständig fehlt oder

nur noch in kleinen Ueberresten vorhanden ist. Aehnlich, jedoch schneller wie die Pikrinsäure wirkt eine 5 procentige alkoholische Lösung der Carbolsäure. Zerzupft man einen Nerven in einer solchen Lösung, so sieht man schon nach ungefähr einer halben Stunde nur noch die Axencylinder und das Gerüst der Nerven.

Härtung eines Nerven in Osmiumsäurelösung.

Legt man einen Nerven in eine Lösung der Osmiumsäure, so färbt sich derselbe an seiner Oberfläche alsbald schwarz. Diese schwarze Färbung schreitet allmälig, wie man sich an Querschnitten, die man provisorisch mit dem Messer macht, überzeugen kann, gegen das Innere vor, bis endlich der Nerv in seiner ganzen Dicke schwarz gefärbt erscheint. Hierzu bedarf es einer verschieden langen Zeit je nach der verschiedenen Dicke des Nerven und der Concentration der Lösung, welche man angewandt hat. Für den Ischiadicus eines Frosches genügten mir bei Anwendung von einer 0,5 procentigen Lösung zur vollständigen Schwarzfärbung etwa 2 Stunden; für den Ischiadicus einer Katze oder eines Kaninchens reichte das Doppelte bis Dreifache an Zeit hin. Zerzupft man nun ein Stück eines Nerven, d. h. eines Nerven, der nur so lange in der Osmiumsäurelösung gelegen hat, bis er von der Lösung durchdrungen war, auf dem Objectglase in destillirtem Wasser und bringt es dann unter das Mikroskop, wobei ich bemerken muss, dass das Zerzupfen ziemlich leicht gelingt, so erhält man etwa folgendes Bild. Die Nervenfasern erscheinen als lange glattrandige cylindrische Stäbchen von überall gleicher Dicke und gradem Verlauf. Die Begrenzung derselben bildet auf jeder Seite eine schmale dunkelschwarze Linie von ziemlich gleichmässiger Dicke, welche das Mark darstellt. Die Ranvier'schen Einschnürungen sind wegen der Schwarzfärbung des Marks sehr deutlich sichtbar. Dieselben finden sich in gewissen Abständen von einander, die für dieselbe Faser gleich, für verschiedene Fasern aber verschieden sind; im Allgemeinen sind 2 Einschnürungen um so weiter von einander

entfernt, je dicker die Faser ist, der sie angehören. Das Rohr der Schwann'schen Scheide ist an den Einschnürungen mässig verengt. Ausser solchen Einschnürungen, wo das Mark ganz unterbrochen ist, trifft man hier und da auch solche, wo das Mark nur leicht verdünnt ist. Der Ansicht Ranvier's, dass diese unvollständigen Einschnürungen Kunstprodukte seien, durch Druck hervorgerufen, (s. Literatur), kann ich mich nicht anschliessen, da ich unvollständige Schnürringe auch an den Fasern gefunden habe, auf welche nicht der geringste Druck vor der Erhärtung ausgeübt worden war. Die Schwann'sche Scheide ist zu beiden Seiten einer Einschnürung häufig etwas ausgebuchtet und die Markscheide in geringem Grade verdickt. Zwischen 2 Ranvier'schen Einschnürungen erscheint die Markscheide in Osmiumpraeparaten in der Regel continnirlich, unter Umständen aber gewahrt man Abschnitte an derselben. Diese Abschnitte, die Kuhnt'schen Hohlcylinder, werden begrenzt von schief die Markscheide durchsetzenden Einschnitten, den sogenannten Lantermann'schen Einschnitten. Sie decken sich in der Höhe der Einschnitte dachziegelförmig. Die Schwann'sche Scheide geht ohne Veränderung über die Einschnürungen weg.

Der zwischen je 2 Einschnürungen ungefähr in der Mitte befindliche, zwischen Markscheide und Schwann'scher Scheide gelagerte Kern wird durch die Osmiumsäure grau gefärbt. Er drängt durch eine innere gewölbte Fläche die Markscheide etwas einwärts, während er der Schwann'schen Scheide flach anliegt. Um denselben herum findet sich eine feinkörnige Protoplasmaschicht, die bei Embryonen mächtig entwickelt sein soll, und in welcher Axel Key und Retzius zuweilen Myelintropfen gefunden haben. Die Angabe Lantermann's, dass sich zwischen 2 Einschnürungen mehrere Kerne und zwar je einer zwischen zweien seiner Einschnitte befinde, kann ich nicht bestätigen, da ich stets nur einen Kern auf der ganzen Strecke zwischen 2 Einschnürungen finde.

Die Axe der Nervenfasern zwischen den beiden dunklen Marklinien besteht aus einer hellen, schwach grauen, scheinbar homogenen Masse, die nirgends Verästelung zeigt, wie es von

Stilling beschrieben worden ist, und überall von gleicher Dicke ist. Diese graue Masse, Purkinje's Axencylinder oder Remak's Primitivband, scheint mit den Ranvier'schen Einschnürungen und den Lantermann'schen Einschnitten in gar keiner Beziehung zu stehen, da sie unverändert durch dieselben hindurchgeht. Sie bildet ein ununterbrochenes Ganzes von ihrem Ursprung in einer Ganzlienzelle bis zu dem Endapparate der Nerven in Haut, Muskeln u. s. w. Längsschnitte, welche ich durch in Osmiumsäure erhärtete und mit Säurefuxin gefärbte Nerven machte, haben mir auch nicht den geringsten Anhaltspunkt für eine Quertheilung des Axencylinders ergeben, wie sie von Engelmann behauptet worden ist.

Es bleibt mir nun noch übrig über das Verhalten der Schwann'schen Scheide an solchen Zupfpraeparaten einiges zu sagen. Dieselbe ist nur an den Stellen deutlich, wo sie von dem schwarzen Mark etwas abgehoben ist, also namentlich da, wo ein Kern sich befindet, und an den Einschnürungen und erscheint da als ein dünnes homogenes Häutchen von grauer Farbe, an dem keinerlei Structur wahrzunehmen ist.

Ein etwas anderes Bild bietet ein Zupfpraeparat von einem Nerven, der längere Zeit etwa 48 Stunden in Osmiumsäure gelegen hat. Hier zeigen die Fasern nicht das schön glatte Aussehen, wie es eben beschrieben worden ist, und die einzelnen Theile heben sich nicht mehr so deutlich von einander ab. Das Myelin hat sich an einzelnen Stellen zu Klumpen zusammengeballt, während anderwärts der Axencylinder auf längere Strecken frei liegt, die Ranvier'schen Einschnürungen und die Lantermann'schen Einschnitte sind nicht mehr deutlich, und die Fasern zeigten etwa das Aussehen, wie es von Ranvier in seinem Système nerveux Taf. I Fig. 8 abgebildet ist.

Quer- und Längsschnitte von Nerven nach Behandlung mit Osmiumsäure.

Ich habe mit dem Mikrotom Schnitte von in Osmiumsäure gehärteten Nerven gemacht, die in Paraffin eingebettet waren. Die Bilder waren auch hier verschieden, je nachdem der Nerv längere oder kürzere Zeit in der Osmiumsäurelösung (1 : 200) gelegen hatte. Hatte ich den Nerven nur kurze Zeit in Osmiumsäure liegen lassen, der Ischiadicus eines Frosches blieb 2 Stunden, der eines Kaninchens etwa 6 Stunden in der Lösung — und machte dann direct die Schnitte, ohne den Nerven erst noch einmal in Alkohol zu bringen, so boten die Fasern folgendes Aussehen. Die Querschnitte derselben waren meist schön rund, die Markscheide bildete an denselben einen glänzend schwarzen Ring, der bei fast allen Fasern dieselbe Dicke zeigte. Die Schwann'sche Scheide war nur an einzelnen Stellen als zartes Häutchen sichtbar, meist war sie von der Markscheide bedeckt. An manchen Fasern bildete die Markscheide statt eines zwei schwarze Ringe, die mehr oder weniger nahe aneinanderlagen. In manchen Praeparaten fanden sich diese doppelten Markringe in grosser Zahl. Möglicherweise gehörten dieselben Fasern an, welche, wie es von Ranvier behauptet wird, in der Höhe eines Lantermann'schen Einschnittes durchschnitten worden waren. Den innerhalb des Marks gelegenen Raum nahm eine graue Masse, der Axencylinder, vollständig ein. Zwischen Axencylinder und Markscheide war kein Zwischenraum, periaxialer Raum, wie er von Klebs angegeben worden ist. Eine Mauthner'sche Scheide war ebenfalls nicht vorhanden. In der grauen Masse des Axencylinders sah man schon bei 300 facher Vergrösserung ziemlich deutlich dunklere graue Punkte gleichmässig eingestreut (siehe Fig. 1).

War der Nerv längere Zeit etwa 24 Stunden in Osmiumsäurelösung (1 : 200) gelegen, und hatte ich ihn dann noch 12—24 Stunden in absoluten Alkohol gebracht, bevor ich die Schnitte machte, so war das Verhalten der Fasern ein etwas anderes. Auf Querschnitten erschienen an einzelnen Fasern allerdings zwischen Markscheide und Axencylinder ein heller

Raum, während an andern auch hier der ganze Innenraum der Markscheide von der grauen Masse des Axencylinders eingenommen wurde. Da wo der Axencylinder sich von der Markscheide zurückgezogen hatte, war er meist unregelmässig vieleckig und erschien homogen grau, etwas dunkler wie an den vorher beschriebenen Praeparaten (s. Fig 2). Markscheide und Schwann'sche Scheide boten nichts Besonderes. Diese Thatsachen, glaube ich, beweisen zur Genüge, dass im Leben zwischen Markscheide und Axencylinder kein periaxaler Raum besteht, sondern dass derselbe in Folge der Behandlungsmethode das Resultat einer Schrumpfung des Axencylinders ist.

Die Versuche den Axencylinder an Osmiumsäurepraeparaten zu färben, welche ich in der Hoffnung machte, dass es mir so vielleicht gelingen werde die Mauthner'sche Scheide darzustellen, wobei ich sowohl eine Färbung in toto als auch eine solche einzelner Schnitte anwandte, ergaben Folgendes. Borax-Carmin färbte, auch wenn der Nerv 24 Stunden und länger darin gelegen hatte, den Axencylinder nicht im Geringsten, während die Kerne schön roth erschienen. Dabei waren die Fasern in ihrer Form häufig ganz verändert, statt rund erschienen sie platt gedrückt oder unregelmässig vieleckig. Ebenso erfolglos blieben meine Färbeversuche des Axencylinders mit Purpurine, einer Mischung von Thiersch'schem Blau mit einer gesättigten Lösung von Pikrinsäure in Wasser zu gleichem Theile und den meisten Anilinfarben, so dass ich schon zweifelte, ob es mir überhaupt gelingen werde an Osmiumsäurepraeparaten den Axencylinder zu färben. Das von Weigert empfohlene Säurefuxin sollte die letzte Farbe sein, die ich probiren wollte. Nicht klein war nun mein Erstaunen, als sich mir hier auf einmal eine wunderschöne rosarothe Farbe des Axencylinders auf Querschnitten darbot. Ich habe darauf das Säurefuxin an vielen Nerven sowohl vom Frosch wie vom Meerschweinchen und Kaninchen versucht und überall dieselbe schöne Färbung erhalten. Hierbei habe ich folgenden Weg eingeschlagen. Nach der Erhärtung in Osmiumsäure wurden die Nerven 2 Stunden in destillirtem Wasser ausgewaschen und kamen dann 24—48 Stunden in die Säurefuxinlösung. Aus dieser wurden sie zur Auswaschung

6—12 Stunden in absoluten Alkohol gebracht, dann in Nelkenöl aufgeklärt und nun eingebettet. Bleibt der Nerv länger als die angegebene Zeit in absolutem Alkohol liegen, so wird die Färbung allmälig heller und verschwindet schliesslich gänzlich. Man kann diesen Vorgang sehr schön unter dem Mikroskop beobachten, wenn man vom Rande des Deckglases Alkohol zu den Schnitten zufliessen lässt. Ebenso verschwindet die Färbung des Axencylinders vollständig, wenn man genau die Weigert'sche Methode des Auswaschens mit den verschiedenen von Weigert angegebenen Flüssigkeiten befolgt. Merkwürdig ist, dass die in Chromsäure gehärteten Nerven die Farbe hierbei festhalten. Betrachten wir nun den Axencylinder an mit Säurefuxin gefärbten Querschnitten etwas näher. An Nerven, die nur 2—6 Stunden (siehe oben) in der Osmiumsäurelösung gelegen haben, nimmt derselbe den ganzen Raum innerhalb der Markscheide ein und ist schön hell rosaroth gefärbt. In der hellen Rosafarbe sieht man bei 300facher Vergrösserung sehr deutlich zahlreiche dunkel rothe Punkte, entsprechend den dunkel grauen Punkten an nicht gefärbten Praeparaten, eingestreut, an manchen Schnitten geradezu zählbar (s. Fig. 3). An manchen Schnitten ist die punktirte Masse zum Theil herausgefallen (s. Fig. 4). Die herausgefallenen Stücke sieht man als feine rothe Partikel, theils isolirt, theils mit einander verklebt, im Gesichtsfeld herumschwimmen. Von einer Mauthner'schen Scheide ist nirgends eine Spur vorhanden. An Fasern, wo die Markscheide einen doppelten Ring bildet, ist der Raum zwischen den Ringen häufig deutlich röthlich gefärbt.

Es fragt sich nun, was die dunkler rothen Punkte innerhalb der hell rosarothen Grundsubstanz zu bedeuten haben. Dies wird klar an Längsschnitten von auf dieselbe Weise behandelten Nerven. An diesen sieht man innerhalb der hell rosarothen Masse der Axe zahlreiche dunkler rothe Fäden in longitudinaler Anordnung neben einander verlaufen. Wir haben also hier die von Max Schultze zuerst gesehenen Fibrillen, die auf Querschnitten als Punkte erscheinen. Doch bestehen zwischen den Praeparaten, denen Max Schultze seine Zeichnungen und seine Darstellung entnahm, und den meinigen sehr wesent-

liche Differenzen. Nach Max Schultze besteht der Axencylinder aus Primitivfibrillen, die durch eine feinkörnige Kittmasse enge zusammengeklebt werden. Derselbe ist also im Ganzen ein fester solider Strang. Ich habe schon oben einen Grund angegeben, welcher gegen die feste Consistenz des Axencylinders spricht, ich meine das Herausfallen kleiner Stücke des Axencylinders aus Querschnitten von Nervenfasern. Ich werde aber gleich noch andere Verhältnisse anführen, die dagegen sprechen. Ist der Nerv nämlich längere Zeit etwa 24 Stunden in Osmiumsäure und dann noch in Alkohol (s. oben) gehärtet worden und dann mit Säurefuxin gefärbt, so bekommt man auf Querschnitten folgende Bilder. An den einen Fasern hat sich der Axencylinder etwas von der Markscheide zurückgezogen, hat aber sonst das eben beschriebene punktirte Aussehen; wir haben also hier den periaxalen Raum von Klebs (s. Fig. 5). An andern Fasern hat sich der Axencylinder stärker zurückgezogen und erscheint dann homogen roth, von Fibrillen ist Nichts mehr zu sehen (s. Fig. 6). Und endlich bei einer 3. Erscheinungsweise der Fasern nimmt der Axencylinder zwar den ganzen Raum innerhalb der Markscheide ein, aber er besteht aus einer dunkler rothen centralen und einer schwach gefärbten peripheren Schicht (s. Fig. 7). Diese dunklere mittlere Schicht kommt nun dadurch zu Stande, dass in Folge der Behandlung die Fibrillen in der Mitte mit einander verkleben, während an der Peripherie nur die helle Substanz zurückbleibt. Letztere muss also den Fibrillen eine gewisse Beweglichkeit gestatten, d. h. sie kann nicht fest, noch zähe, sondern muss flüssiger Natur sein. Diese Flüssigkeit aber, in der die Fibrillen flottiren, gerinnt durch die Erhärtungsmittel und erleidet, wenn dieselben lange genug einwirken, eine stärkere oder geringere Schrumpfung je nach der Art des Erhärtungsmittels, wodurch der periaxiale Raum entsteht, am stärksten ist die Schrumpfung in Chromsäurelösungen.

Einige Messungen an in Osmiumsäure gehärteten Nerven ergaben im Mittel folgende Werthe:

1. breite Fasern aus dem Ischiadicus des Frosches am Querschnitt gemessen:

Durchmesser der ganzen Fasern im Mittel	10,4 μ
Durchmesser des von den Fibrillen eingenommenen Axenraumes im Mittel	7,0 μ
2. feine Fasern desselben Nerven:	
Durchmesser der ganzen Fasern im Mittel	4,8 μ
Durchmesser des von den Fibrillen eingenommenen Axenraumes im Mittel	2,0 μ

Resultate:

Fassen wir nun kurz zusammen, was die erwähnte Methode über die Natur des Axencylinders lehrt, so lässt sich Folgendes sagen.

1. Der gesammte innerhalb der Markscheide gelegene, an frischen Nervenfasern pellucid erscheinende Raum wird von longitudinal verlaufenden Fibrillen eingenommen, die in einer Flüssigkeit flottiren.

2. Erhärtungsmittel wie sie bisher angewandt wurden, um den „Axencylinder" der markhaltigen Nervenfasern sichtbar zu machen, bedingen ein Verkleben der Fibrillen zu einem mehr oder weniger compacten Strang. Auch das flüssige Serum wird durch dieselben geändert in der Art, dass es gerinnt und sich von der Markscheide retrahirt, wodurch der „periaxiale Raum" entsteht.

3. Der „Axencylinder" nach der bisherigen Vorstellung, d. h. ein solider Axenstrang, ist ein Artefakt, derselbe kann je nach dem Grade der Vereinigung der Fibrillen durch das Gerinsel fibrillär erscheinen oder zeigt sich homogen.

4. Eine Scheide dieses „Axencylinders" (Mauthner'sche Scheide) existirt nicht

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt vom Ischiadicus eines Frosches, 2 Stunden in Osmiumsäurelösung (1 : 200) gehärtet. Markscheide bildet einen schwarzen Ring. Der geronnene Inhalt des Axenraumes erscheint hellgrau mit dunklern Punkten.

Fig. 2. Querschnitt vom Ischiadicus einer Katze; Nerv 24 Stunden in Osmiumsäure (1 : 200) und ebenso lange in Alkohol erhärtet. Geronnener Inhalt des Axenraumes retrahirt sich von der Markscheide, es ist ein periaxialer Raum in Bildung begriffen.

Fig. 3. Querschnitt vom Ischiadicus eines Frosches; Nerv 2 Stunden in Osmiumsäurelösung (1 ; 200) erhärtet, dann 24 Stunden mit Säurefuxin gefärbt. Axenraum hell rosaroth, Fibrillen als dunkler rothe Punkte erscheinend.

Fig. 4 wie Fig. 3. Einzelne Fibrillen sind fortgeschwemmt.

Fig. 5. Querschnitt vom Ischiadicus eines Frosches; 24 Stunden in Osmiumsäure und ebenso lange in Alkohol gehärtet, dann mit Säurefuxin gefärbt. Fibrillen haben sich in der Axe enger zusammengeschlossen, ein „Axencylinder" ist somit in Bildung begriffen, ein periaxialer Raum erscheint.

Fig. 6. Vorbereitung wie bei Fig. 5. Ein dunkel rother homogener Axencylinder ist gebildet, der periaxiale Raum farblos.

Fig. 7. Vorbereitung wie bei Fig. 5 und 6. Dasselbe zeigend, wie Fig. 6 periaxialer Raum rosa gefärbt.

Fig. 8. Längsschnitt vom Ischiadicus eines Frosches. Der Nerv war 2 Stunden in Osmiumsäure (1 : 200) gehärtet, dann mit Säurefuxin gefärbt worden. Im Axenraum finden sich gleichmässig vertheilt die lebhaft rothen Fibrillen.

Sämmtliche Zeichnungen wurden bei der Combination von Zeiss homog. Immers. $^1/_{18}$. Oc. 3 aufgenommen.

Fig. 1

Fig. 8.

Fig. 2.

Fig. 3

Fig. 7.

Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 5